การออกแบบและสร้างชุดทดลอง เครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยใช้อากาศร้อน

Designing and Constructing of an Apparatus for Stirling Engine by Hot Gas

อัคครัตน์ พูลกระจ่าง[1]* ขวัญชัย จ้อยเจริญ[2]

Akkarat Poolkrajang[1] Kwanchai Choicharoen[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยใช้อากาศเป็นสารทำงาน สำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาเธอร์โมไดนามิกส์ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต โดยเครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่ประดิษฐ์ขึ้นเป็นแบบชนิดแอลฟา มีปริมาตรกวาดของลูกสูบการขยายเท่ากับ 2,256 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ปริมาตรกวาดของลูกสูบการอัดเท่ากับ 900 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ปริมาตรรีเจนเนอเรเตอร์เท่ากับ 264 ลูกบาศก์มิลลิเมตร มีอัตราส่วนการอัดเท่ากับ 3 : 1 ความดันเฉลี่ยเท่ากับ 101.3 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ซึ่งทำการทดลองหาความเร็วรอบ โดยการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับ จนถึงอุณหภูมิทำงานสูงสุดแล้วนำค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราส่วนการอัด พลังงานเชิงความร้อน และกำลังงานของชุดทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเริ่มทำงานได้เองที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสขึ้นไป โดยมีความเร็วรอบเริ่มต้นเท่ากับ 860 รอบต่อนาที และที่อุณหภูมิสูงสุด 250 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 2,790 รอบต่อนาที อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 38 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำสุดร้อยละ 15.82 และสูงสุดร้อยละ 39.20 และพบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วรอบ และประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น ซึ่งค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนแปรผัน ตามความแตกต่างของอุณหภูมิ

คำสำคัญ: ชุดทดลอง เครื่องยนต์สเตอร์ลิง

Keywords: Apparatus Stirling engine

---

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ akkarat8@hotmail.com โทร 0-2549-4744-5 ต่อ 25

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ABSTRACT

The objective of this research was to design and construct an apparatus for Stirling engine by hot gas, which was used as the instruction media in a thermodynamic course in technical education and mechanical technology. The design was Alpa-type which had displacement volume of 2,256 mm^2, clearance volume of 900 mm^2, regenerator volume of 264 mm^2, compression ratios of 3:1, and mean pressure of 101.3 kN/m^2. The speed was evaluated by increasing temperature to higher temperature. Then the results from the experiment were used to calculate thermal efficiency, compression ratios, thermal energy and power. The experiment showed that the Stirling engine started operation by itself at the temperature of 100 °C, and starting speed of 860 rpm. At the highest temperature of 250 °C, the engine speed was 2,790 rpm. It was also found that the lowest temperature was 38 °C, the lowest thermal efficiency was 15.82%, and the highest thermal effriciency was 39.20%. When the temperature increased, the speed and the thermal efficiency increased. Hence, the speed and thermal efficency varied according to the temperature.

บทนำ

ในสภาวะการณ์ปัจจุบัน ทุกประเทศทั่วโลกกำลังประสบปัญหาของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น และยังมีผลทำให้ราคาสินค้าอุปโภคและบริโภคสูงขึ้นตามไปด้วย สำหรับประเทศไทย รัฐบาลได้มีการรณรงค์และกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานทั้งน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้า โดยให้ประชาชนและหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนช่วยกันประหยัด อาทิเช่น ขับรถด้วยความเร็วไม่เกิน 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เปิด-ปิดไฟแสงสว่างเท่าที่จำเป็น หรือเปลี่ยนไปใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล (Gasohol) ทดแทนการใช้น้ำมันเบนซิน เป็นต้น จะได้ช่วยลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้องซื้อจากต่างประเทศ น้ำมันเชื้อเพลิงจัดเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญและมีการใช้เป็นปริมาณมากต่อวัน ไม่ว่าจะเป็นยานพาหนะ เครื่องจักรกลอุตสาหกรรมต่างๆ หรือแม้แต่การผลิตไฟฟ้าล้วนใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสิ้น ดังนั้น จึงควรช่วยกันลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าให้น้อยลง ซึ่งอาจจะทำได้หลายแนวทาง คือใช้พลังงานเท่าที่จำเป็น แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ใช้ให้คุ้มค่ามากที่สุด และแนวทางที่สำคัญคือต้องช่วยกันคิดค้นเครื่องจักรกลหรืออุปกรณ์ต่างๆ ให้มีการใช้พลังงานน้อยลง แต่มีประสิทธิภาพเท่าเดิมหรือสูงขึ้น หรือเปลี่ยนไปใช้พลังงานทางเลือก ได้แก่ พลังงานจากรังสีอาทิตย์ พลังงานความร้อนเหลือทิ้ง พลังงานลม หรือพลังงานทดแทนรูปอื่นๆ เป็นต้น ดังที่หลายประเทศได้พยายามศึกษาวิจัยกัน คณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นว่าเครื่องยนต์สเตอร์ลิงเป็นเครื่องจักรกลประเภทหนึ่งที่ควรนำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหา ดังกล่าวและมีความเป็นได้อย่างยิ่ง ดังที่เห็นได้ในต่างประเทศ แต่สำหรับประเทศไทยเครื่องยนต์สเตอร์ลิงเป็นเสมือนของใหม่ เพราะว่ายังไม่มีการศึกษาวิจัยกันอย่างจริงจัง เนื่องจากเครื่องยนต์มีราคาแพง ชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงจึงไม่แพร่หลาย ทำให้ขาดความเข้าใจในการทำงาน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เริ่มต้นคิดทำโครงการนี้ขึ้นมา

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศดังกล่าวข้างต้น พบว่างานวิจัยมุ่งเน้นในด้านการนำพลังงานทางเลือกมาใช้ การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง และการวิเคราะห์ทางอุณหพลศาสตร์ของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง แต่เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าเครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่ใช้ในการวิจัยดังกล่าวส่วนมากไม่ได้ประดิษฐ์ขึ้นเอง และเครื่องยนต์สเตอร์ลิงมีโครงสร้างแบบชนิดแกมมา และบีตา ซึ่งเป็นแบบชนิดที่มีโครงสร้างซับซ้อน เครื่องยนต์สเตอร์ลิงดังกล่าวต้องสั่งนำเข้ามาด้วยราคาสูง ด้วยสาเหตุนี้ การศึกษาวิจัยเครื่องยนต์สเตอร์ลิงในประเทศไทยจึงมีไม่มาก ดังนั้นโอกาสที่จะนำมาพัฒนาเพื่อให้ใช้ได้จริงในประเทศจึงมีน้อย ประกอบกับในสภาวะการณ์ขณะนี้ได้มีผู้ให้ความสนใจเกี่ยวกับเครื่องจักรกลที่ใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น

ในการเรียนการสอนในสายวิศวกรรมศาสตร์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม และสายอุตสาหกรรมศาสตร์นั้น วิชาเธอร์โมไดนามิกส์เป็นวิชาพื้นฐานรายวิชาหนึ่งที่ต้องเรียน ซึ่งเนื้อหาส่วนหนึ่งจะต้องเรียนเกี่ยวกับวัฏจักรสเตอร์ลิงที่เป็นวัฏจักรพื้นฐานทางความร้อนวัฏจักรหนึ่ง แต่โดยทั่วไปแล้วส่วนใหญ่จะเรียนกันในทางทฤษฎีเท่านั้น ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถสร้างจินตภาพได้ และไม่เข้าใจอย่างลึกซึ้งในวัฏจักรสเตอร์ลิง ทำให้ผู้เรียนขาดความสนใจ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงคิดสร้างชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงาน เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาเธอร์โมไดนามิกส์ของหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมศาสตร์ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจหลักการของวัฏจักรสเตอร์ลิงมากยิ่งขึ้น มีความสนใจที่จะเรียน และสามารถที่จะพัฒนารูปแบบใหม่ๆ ของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงได้ต่อไป

วิธีการวิจัย

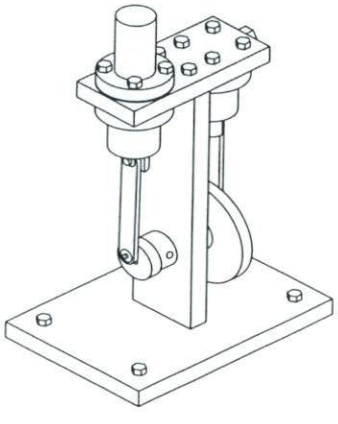
ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1. ทำการค้นคว้าหาหนังสือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต เพื่อที่จะได้ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ วัฏจักรมาตรฐานอากาศของสเตอร์ลิง หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง เพลา แบริ่ง คุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่ใช้สร้างชุดทดลอง ฯลฯ

2. ศึกษาแนวคิดในการสร้างชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิง โดยการศึกษาจากงานวิจัยในต่างประเทศ จากทางอินเตอร์เน็ต

ออกแบบโครงสร้าง

ทำการออกแบบโครงสร้างชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิง โดยใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงาน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงาน

สร้างชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

การดำเนินการสร้างชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงาน ได้มีการแบ่งออกเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. เขียนแบบโครงสร้างชุดทดลอง และชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชุดทดลอง

2. นำแบบที่ได้ออกแบบไว้ไปให้ช่างกลึงตามแบบ ดังภาพที่ 2-9

3. นำหลอดฉีดยาแบบแก้วไปให้ช่างตัดกระจกตัดตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อที่จะนำมาใช้เป็น Piston และ Cylinder

ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 ให้ความร้อนแก่ชุดทดลอง (ภาพที่ 13)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการช่วยสตาร์ทเครื่องยนต์สเตอร์ลิง (ภาพที่ 14)

ขั้นตอนที่ 3 ใช้เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ (ภาพที่ 15)

ขั้นตอนที่ 4 ใช้เครื่องมือตรวจวัดความเร็วรอบ (ภาพที่ 16)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

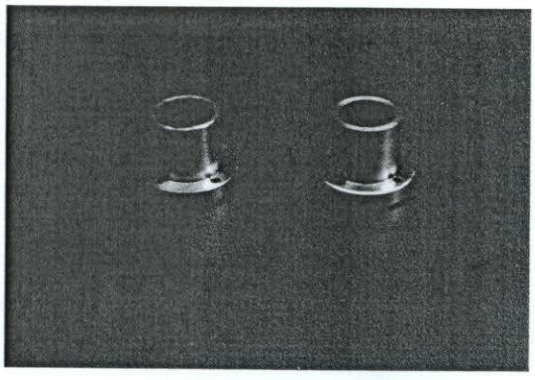
ผลการทดลอง

ผลการทดลอง พบว่า เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเริ่มทำงานได้เองที่อุณหภูมิ 100°C ขึ้นไป โดยมีความเร็วรอบเริ่มต้นเท่ากับ 860 rpm และที่อุณหภูมิสูงสุด 250°C เครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 2,785 rpm และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 39.20% (ตารางที่ 1)

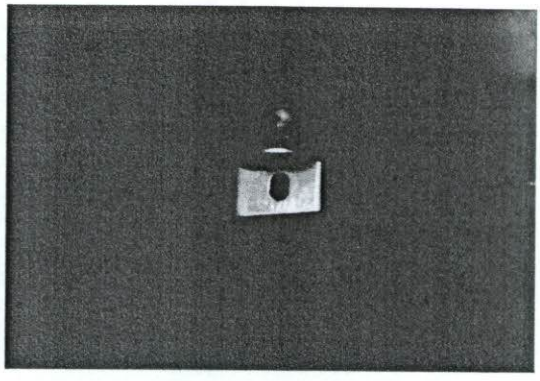
เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเริ่มทำงานได้เองที่อุณหภูมิ 100°C ขึ้นไป โดยมีความเร็วรอบเริ่มต้นเท่ากับ 900 rpm และที่อุณหภูมิสูงสุด 250°C เครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 2,700 rpm และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 39.01% (ตารางที่ 2)

จากการทดลอง พบว่า เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเริ่มทำงานได้เองที่อุณหภูมิ 100°C ขึ้นไป โดยมีความเร็วรอบเริ่มต้นเท่ากับ 780 rpm และที่อุณหภูมิสูงสุด 250°C เครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 2,790 rpm และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 38.81% (ตารางที่ 3)

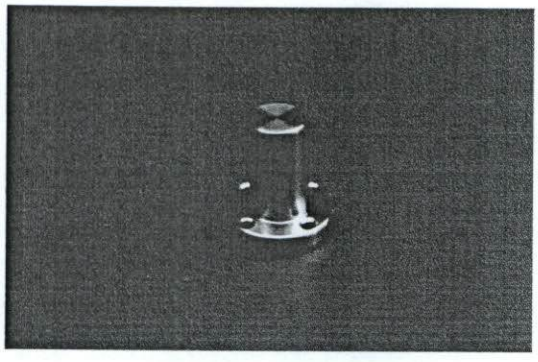
เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเริ่มทำงานได้เองที่อุณหภูมิ 100°C ขึ้นไป โดยมีความเร็วรอบเริ่มต้นเท่ากับ 940 rpm และที่อุณหภูมิสูงสุด 250°C เครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 2,850 rpm และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 39.01% ดังแสดงในตารางที่ 4



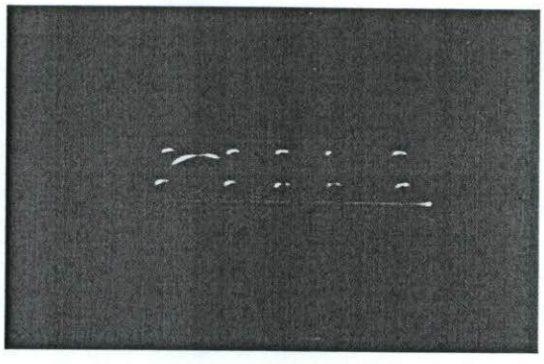
ภาพที่ 2 Cylinder cover



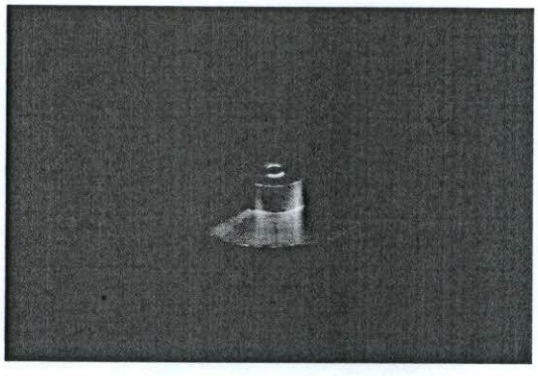
ภาพที่ 6 Piston holder



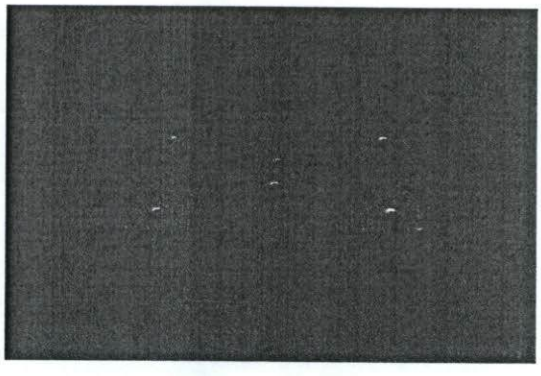
ภาพที่ 3 Heater



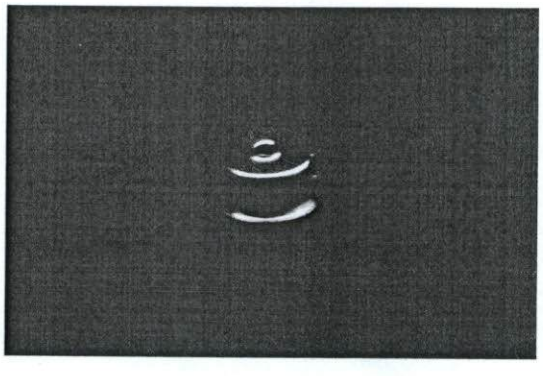
ภาพที่ 7 Joint board



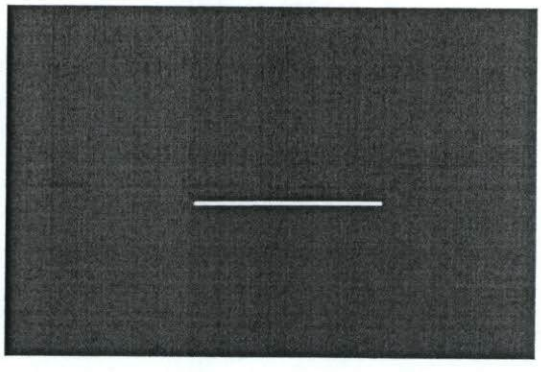
ภาพที่ 4 Flywheel



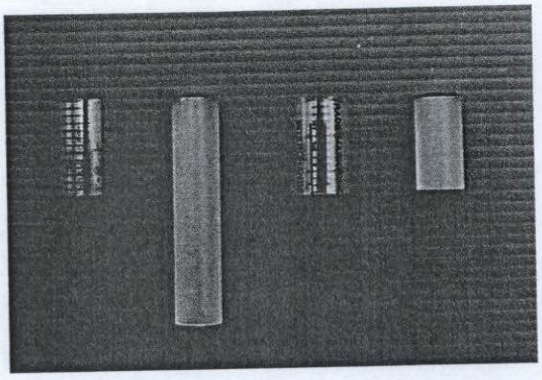
ภาพที่ 8 Base



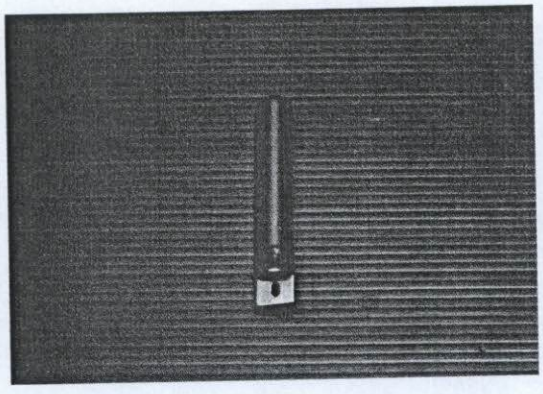
ภาพที่ 5 Crank disk



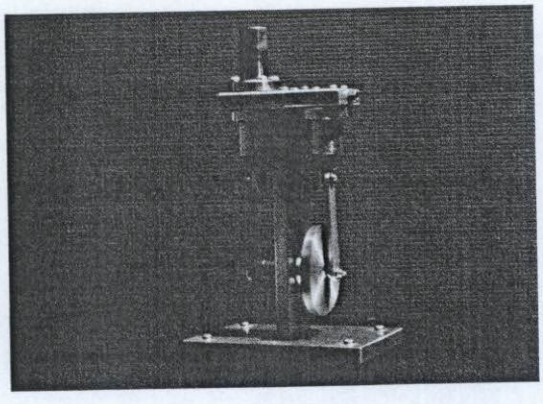
ภาพที่ 9 Shaft



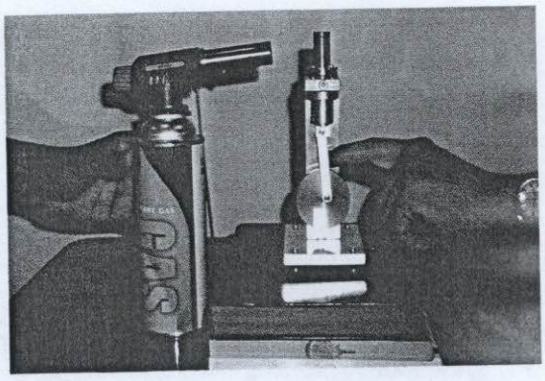
ภาพที่ 10 หลอดฉีดยาแบบแก้วหลังจากตัดเสร็จ



ภาพที่ 11 การติดตั้ง Piston holder เข้ากับ Piston

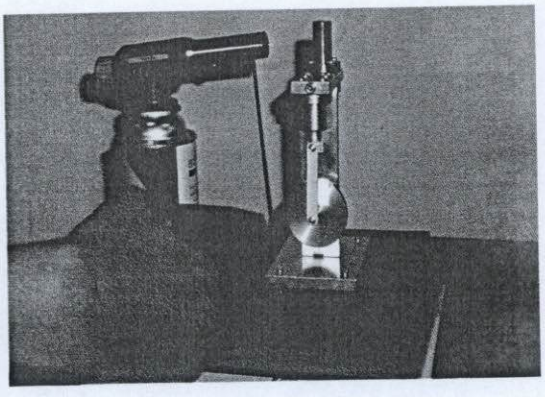


ภาพที่ 12 ชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิง โดยใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงาน

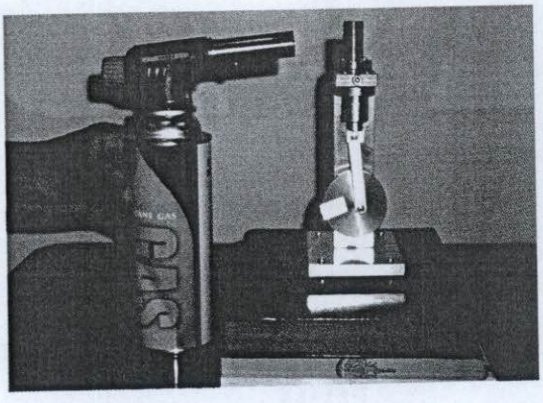


ภาพที่ 13 การให้ความร้อนแก่ชุดทดลอง

ภาพที่ 14 การช่วยสตาร์ท



ภาพที่ 15 การวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรต



ภาพที่ 16 การวัดความเร็วรอบโดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบแบบอินฟาเรต

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงานผลการทดลองครั้งที่ 1

อุณหภูมิด้านต่ำ °C	อุณหภูมิด้านสูง °C	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน %	ความเร็วรอบ rpm	หมายเหตุ
38	80	11.90	–	หมุนไม่ต่อเนื่อง
39	100	16.35	860	หมุนต่อเนื่อง
39	120	20.61	1,750	หมุนต่อเนื่อง
40	140	24.21	1,860	หมุนต่อเนื่อง
41	160	27.48	1,970	หมุนต่อเนื่อง
41	180	30.68	2,480	หมุนต่อเนื่อง
42	200	33.40	2,590	หมุนต่อเนื่อง
43	220	35.90	2,650	หมุนต่อเนื่อง
44	240	38.21	2,730	หมุนต่อเนื่อง
45	250	39.20	2,780	หมุนต่อเนื่อง

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงานผลการทดลองครั้งที่ 2

อุณหภูมิด้านต่ำ °C	อุณหภูมิด้านสูง °C	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน %	ความเร็วรอบ rpm	หมายเหตุ
38	100	16.62	900	หมุนต่อเนื่อง
38	120	20.87	1,600	หมุนต่อเนื่อง
41	140	23.97	1,750	หมุนต่อเนื่อง
43	160	27.02	1,850	หมุนต่อเนื่อง
43	180	30.24	2,500	หมุนต่อเนื่อง
45	200	32.77	2,550	หมุนต่อเนื่อง
46	220	35.29	2,650	หมุนต่อเนื่อง
45	240	38.01	2,700	หมุนต่อเนื่อง
46	250	39.01	2,700	หมุนต่อเนื่อง

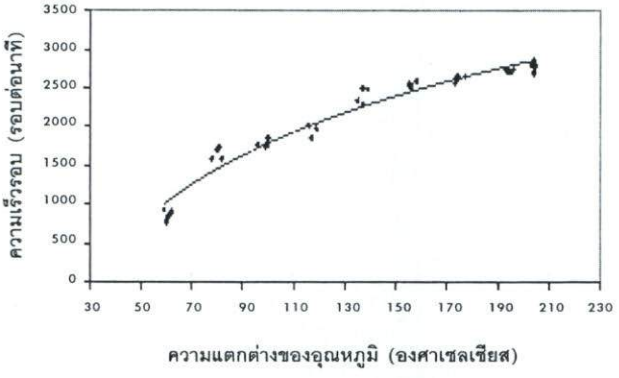
ตารางที่ 3 ผลการทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงานผลการทดลองครั้งที่ 3

อุณหภูมิด้านต่ำ °C	อุณหภูมิด้านสูง °C	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน %	ความเร็วรอบ rpm	หมายเหตุ
40	100	16.09	780	หมุนต่อเนื่อง
40	120	20.36	1,700	หมุนต่อเนื่อง
40	140	24.21	1,750	หมุนต่อเนื่อง
43	160	27.02	1,870	หมุนต่อเนื่อง
45	180	29.80	2,340	หมุนต่อเนื่อง
44	200	32.98	2,490	หมุนต่อเนื่อง
47	220	35.09	2,560	หมุนต่อเนื่อง
47	240	37.62	2,730	หมุนต่อเนื่อง
47	250	38.81	2,790	หมุนต่อเนื่อง

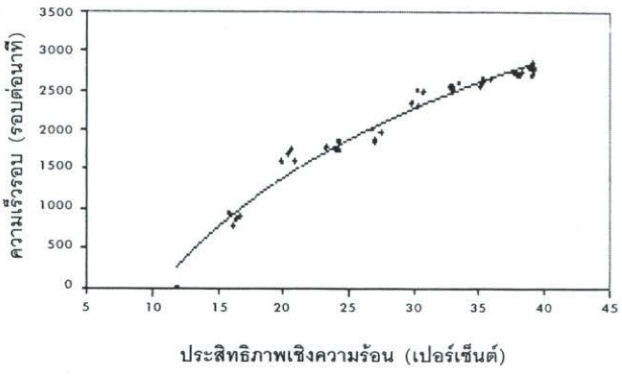
ตารางที่ 4 ผลการทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงานผลการทดลองครั้งที่ 4

อุณหภูมิด้านต่ำ °C	อุณหภูมิด้านสูง °C	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน %	ความเร็วรอบ rpm	หมายเหตุ
41	100	15.82	940	หมุนต่อเนื่อง
42	120	19.85	1,600	หมุนต่อเนื่อง
44	140	23.24	1,780	หมุนต่อเนื่อง
44	160	26.79	2,020	หมุนต่อเนื่อง
43	180	30.24	2,300	หมุนต่อเนื่อง
44	200	32.98	2,540	หมุนต่อเนื่อง
46	220	35.29	2,600	หมุนต่อเนื่อง
46	240	37.82	2,710	หมุนต่อเนื่อง
46	250	39.01	2,850	หมุนต่อเนื่อง

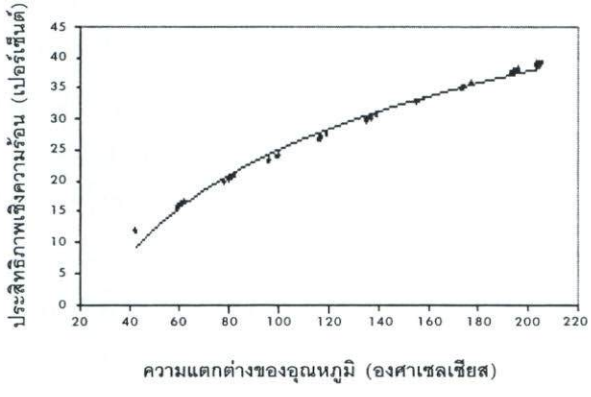
ผลรวมของความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน และความแตกต่างของอุณหภูมิ



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและความแตกต่างของอุณหภูมิ (รวม)



ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและประสิทธิภาพเชิงความร้อน (รวม)



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนและความแตกต่างของอุณหภูมิ (รวม)

การทดลองพบว่าเมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้ความเร็วรอบและประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น ซึ่งค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ความแตกต่างของอุณหภูมิ และค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนแปรผันกันดังแสดงในภาพที่ 18-19 โดยพบว่า

1. ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แปรผันตามความแตกต่างของอุณหภูมิโดยค่าความเร็วรอบเพิ่มขึ้นตามค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

2. ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แปรผันตามประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยค่าความเร็วรอบเพิ่มขึ้นตามประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เพิ่มขึ้น

3. ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ แปรผันตามความแตกต่างของอุณหภูมิโดยค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นตามความแตกต่างของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

สรุป

งานวิจัยครั้งนี้ได้ชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงาน เพื่อใช้สำหรับเป็นสื่อการเรียนในวิชาเธอร์โมไดนามิกส์ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โดยเครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่สร้างขึ้นเป็นแบบชนิดแอลฟา มีปริมาตรกวาดของลูกสูบขยายเท่ากับ 2,256 mm^3 ปริมาตรกวาดของลูกสูบการอัดเท่ากับ 900 mm^3 ปริมาตรรีเจนเนอเรเตอร์เท่ากับ 264 mm^3 มีอัตราส่วนการอัดเท่ากับ 3:1 และความดันเฉลี่ยเท่ากับ 101.3 kN/m^3 จากผลการทดลองพบว่า เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเริ่มทำงานได้เองที่อุณหภูมิ 100°C ขึ้นไป โดยมีความเร็วรอบเริ่มต้นเท่ากับ 860 rpm และที่อุณหภูมิสูงสุด 250°C เครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 2,790 rpm อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 38°C และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 15.82 % และ 39.20% ตามลำดับ และพบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วรอบ และประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นซึ่งค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และค่าประสิทธิภาพ-เชิงความร้อน แปรผันกันเพิ่มขึ้น ตามความแตกต่างของอุณหภูมิ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์สเตอร์ลิงเริ่มทำงานได้เองที่อุณหภูมิ 100°C ขึ้นไป โดยมีความเร็วรอบเริ่มต้นเท่ากับ 860 rpm และที่อุณหภูมิสูงสุด 250°C เครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 2,790 rpm อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 38°C และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 15.82% และ 39.20% เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงเพื่อใช้ในการทดลองในเห็นภาพของการทำงานในวัฏจักรสเตอร์ลิง จึงสร้างชุดทดลองเป็นเครื่องยนต์สเตอร์ลิงขนาดเล็ก ทำให้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ได้จากการทดลองต่ำ เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิต่ำ แต่ถ้าพิจารณาจากความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูงสุดอยู่ที่ 2,790 rpm ซึ่งถือว่าอยู่ในความเร็วรอบที่สูงมาก สอดคล้องกับดนัย [1] ในการทดลองเดินเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบมีวาล์วควบคุมปริมาณสารทำงานมีความเร็วรอบสูงสุดที่ 2,200 rpm และจากการทดลองจะพบว่าเมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้ความเร็วรอบ และประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น ซึ่งค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ความแตกต่างของอุณหภูมิ และค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนแปรผันกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Cinar *et. al.* [2] พบว่าแรงบิดและกำลังขาออกผันแปรได้จากอัตราเร็วเครื่องยนต์ที่แตกต่างกัน การทดสอบเครื่องยนต์ได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 5.98 W ที่ ความเร็วรอบ 208 rpm ที่อุณหภูมิแหล่งความร้อนเท่ากับ 1,000°C และสอดคล้องกับ Kongtragool *et. al.* [3,4] พบว่าทฤษฎีกำลังความดันเฉลี่ยมีความเหมาะสมมากสำหรับการคำนวณโครงแบบแกมมาของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่มีความแตกต่างอุณหภูมิต่ำ

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. การสร้างชุดทดลองเครื่องยนต์สเตอรลิงในครั้งนี้ยังไม่ได้ออกแบบชุดทดลองให้สามารถวัดกำลังของเครื่องยนต์ได้ ดังนั้นการสร้างชุดทดลองครั้งต่อไปควรออกแบบให้ชุด

ทดลองมีเพลาเชื่อมต่อสำหรับติดอุปกรณ์ตรวจวัดกำลังด้วย เพื่อให้การทดลองสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นไป

2. การวิจัยครั้งนี้ได้เลือกแบบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบแอลฟา ซึ่งเป็นแบบที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด แต่เป็นแบบที่มีสมรรถนะต่ำที่สุด ดังนั้นจึงควรออกแบบให้เครื่องยนต์เป็นแบบรูปชนิดอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ได้ และควรออกแบบให้เครื่องยนต์มีขนาดใหญ่ขึ้น มีความแข็งแรงมากขึ้น

3. การทดลองครั้งนี้ได้ใช้ความร้อนของแก๊สบิวเทนกระป๋อง ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนรูปแบบของแหล่งความร้อนต่างๆ ด้วย เพื่อนำมาเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์กับรูปแบบแหล่งความร้อนต่างๆ กัน

4. ควรออกแบบให้เครื่องยนต์สามารถใช้แหล่งความร้อนจากรังสีได้ด้วย โดยการออกแบบจานรวมรังสีอาทิตย์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัย งบประมาณผลประโยชน์ ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในปีงบประมาณ 2549 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ดนัย อร่ามธรรมาพร. 2539. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานความร้อนจากโปรดิวเซอร์แก๊สมาเดินเครื่องยนต์สเตอร์ลิง โดยใช้ไอน้ำเป็นสารทำงาน** กรุงเทพฯ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[2] Cinar, Can Sendar Yucesu, Tolga Topgul and Melih Okur.2005. **Beta-type Stirling engine operating at atmospheric pressure**. Applied Energy, Volume 81, Issue 4, August 2005, Pages 351-357.

[3] Kongtragool Bancha and Somchai Wongwises. 2005a. **Optimum absorber temperature of a once-reflecting full conical concentrator of a low temperature differential Stirling engine**. Renewable Energy, Volme 30, Issue 11, Septemer 2005, pages 1923-1941.

[4] Kongtragool Bancha and Somchai Wongwises. 2005b. **Investigation on power output of the gamma-configuration low temperature differential Stirling engines**. Rewable Energy,Volume 30, Issue 3, March 2005, Pages 465-476.